

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра терапевтической стоматологии

И.Л. Бобкова, О.Г. Зиновенко, И.П. Коваленко

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И
ЛЕЧЕНИЯ В СТОМАТОЛОГИИ**

Минск, БелМАПО
2022

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра терапевтической стоматологии

И.Л. Бобкова , О.Г. Зиновенко, И.П. Коваленко

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ
В СТОМАТОЛОГИИ**

Учебно-методическое пособие

Минск, БелМАПО
2022

УДК 616.31-073-085.8(075.9)

ББК 56.6+53.431+53.54я78

Б 72

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
НМС государственного учреждения образования
«Белорусская медицинская академия последипломного образования»
протокол № 7 от 30.08.2022

Авторы:

Бобкова И.Л., доцент кафедры терапевтической стоматологии
ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
кандидат медицинских наук

Зиновенко О.Г., доцент кафедры терапевтической стоматологии
ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
кандидат медицинских наук, доцент

Коваленко И.П., ассистент кафедры терапевтической стоматологии
ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
кандидат медицинских наук

Рецензенты:

Терехова Т.Н., профессор кафедры стоматологии детского возраста
УО «Белорусского государственного медицинского университета», д.м.н.,
профессор

Кафедра консервативной стоматологии УО «Белорусского государственного
медицинского университета»

Бобкова И.Л.

Б 72

Физические методы диагностики и лечения в стоматологии : учеб.-
метод. пособие / И. Л. Бобкова, О. Г. Зиновенко, И. П. Коваленко –
Минск : БелМАПО, 2022. - 32 с.

ISBN 978-985-584-770-1

В учебно-методическом пособии приведены современные научные данные о физических методах воздействия в диагностике и лечении основных стоматологических заболеваний. Представлены конкретные рекомендации по применению лазеров в стоматологии, изложены методики применения, представлены современные лазерные аппараты.

Учебно-методическое пособие предназначено для слушателей, осваивающих содержание образовательных программ: переподготовки по специальности «Стоматология терапевтическая», повышения квалификации врачей стоматологического профиля. Учебно-методическое пособие может представлять интерес для клинических ординаторов, врачей-интернов.

УДК 616.31-073-085.8(075.9)

ББК 56.6+53.431+53.54я78

ISBN 978-985-584-770-1

© Бобкова И.Л., Зиновенко О.Г.,
Коваленко И.П., 2022

© Оформление БелМАПО, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Показания к использованию лазерного излучения.....	5
Лазерные аппараты, применяемые в стоматологии.....	5
Принцип работы лазера.....	6
Классификация лазеров.....	8
Применение в стоматологии низкоинтенсивного лазерного излучения.....	9
Применение в стоматологии высокоинтенсивного лазерного излучения.....	23
Литература.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Результаты эпидемиологических обследований свидетельствуют о высокой распространенности заболеваний периодонта у взрослого населения земного шара. В Республике Беларусь частота встречаемости болезней периодонта у пациентов 35-44 лет составляет $92,5 \pm 1,27\%$. Хронический периодонтит занимает второе место среди причин, приводящих к потере зубов у взрослого населения. В ходе эпидемиологических исследований выявлена тенденция к увеличению распространенности данной патологии, росту количества ранних, резистентных к традиционным методам лечения форм заболевания. Появляются признаки орального дисбактериоза, меняется видовой состав микрофлоры полости рта и содержимого периодонтальных карманов, изменяется чувствительность микроорганизмов к антибактериальным и антисептическим лекарственным средствам, снижается местный иммунитет. Данные литературы и собственные клинические наблюдения свидетельствуют о том, что применение у пациентов с соматической патологией классических схем лечения хронического периодонтита, включающих медикаментозные и хирургические методы воздействия, не всегда является эффективным, поэтому актуален поиск новых методов лечения с использованием средств, оказывающих комплексное воздействие на ткани периодонта.

В настоящее время в качестве первичного фактора, вызывающего поражение периодонта, рассматривается бактериальная флора. Анализ литературных данных показывает, что средства, используемые при лечении заболеваний периодонта (антибиотики и антисептики), изменяют окислительно-восстановительный потенциал слюны, ослабляют активность лизоцима, способствуют развитию аллергических реакций, обуславливают снижение резистентности организма к патогенным воздействиям. Все это снижает местную и общую неспецифическую резистентность организма и затрудняет лечение хронического периодонтита. Одним из путей повышения эффективности лечения хронического периодонтита является применение лазерного излучения, как низкой, так и высокой интенсивности.

Основным показанием к лечебному и диагностическому применению лазерного излучения и лазерной медицинской техники является клиническая целесообразность стимуляции местных и общих, специфических и неспецифических реакций тканей организма и его систем с целью нормализации их гомеостатических характеристик на различном структурно-функциональном уровне, что в итоге обеспечивает объективный контроль реабилитации при различных заболеваниях, оценку течения и эффективности лечения, определение сроков выздоровления.

ПОКАЗАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. Заболевания гнойно-воспалительного характера, требующие стимуляции репаративных процессов (травмы и воспалительные процессы вследствие воздействия различных физических, химических и биологических факторов), противовоспалительное действие, стимуляция репаративных процессов.

2. Нарушение процессов эпителизации тканей – активация метаболизма клеток и повышение их функциональной активности.

3. Нарушение иммунного статуса (иммунокоррекция) – для повышения уровня трофического местного и общего иммунного статуса тканей органов и организма в целом.

4. Нарушение микроциркуляции – для повышения уровня трофического местного и общего уровня иммунного статуса тканей органов и организма в целом.

5. Необходимость предоперационной подготовки больных с целью повышения репаративных способностей тканей в послеоперационный период и профилактики осложнений.

6. Необходимость реабилитации тканей и органов с целью ускорения их органоспецифического и функционального восстановления (травмы, язвы, ожоги, дерматозы и др.) – стимуляция репаративных процессов.

7. Необходимость стимуляции триггерных механизмов нормализации гомеостатических показателей организма (рефлексотерапия) – рефлексогенное воздействие, направленное на активацию метаболической и функциональной активности различных клеток, тканей, органов и систем организма.

Противопоказания – общие для всех видов физиотерапевтического воздействия: онкологические заболевания, декомпенсированные состояния сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной систем, лихорадочное состояние, активный туберкулез, некоторые заболевания крови, психиатрические заболевания (в отдельных случаях).

ЛАЗЕРНЫЕ АППАРАТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТОМАТОЛОГИИ

Слово LASER представляет собой аббревиатуру с английского light amplification by stimulated emission of radiation, что переводится как «усиление света в результате вынужденного излучения». Уникальность его физической природы и связанных с ней биологических эффектов обусловлена строгой монохроматичностью и когерентностью электромагнитных волн в световом

потоке. Началом медицинского применения лазеров принято считать 1961 г., когда А. Javan создал гелий-неоновый излучатель. Низкоинтенсивные излучатели данного типа нашли свое применение в физиотерапии. В 1964 г. был сконструирован лазер на основе диоксида углерода, что стало отправным моментом в хирургическом использовании лазеров. В этом же году Голдман и др. высказали предположение о возможности применения рубинового излучателя для иссечения кариозных тканей зуба, что вызвало большой интерес у исследователей. В 1967 г. Гордон попытался провести эту манипуляцию в клинике, но несмотря на хорошие результаты, полученные *in vitro*, не сумел избежать повреждения пульпы зуба. Та же проблема возникла при попытке использовать для этих целей CO₂-лазер. Позднее для препарирования твердых тканей зуба был предложен принцип импульсного воздействия и разработаны специальные структуры временного распределения импульсов, созданы излучатели на основе других кристаллов. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к росту использования лазеров и разработок новых лазерных технологий во всех областях медицины. Внедрение лазеров в здравоохранение имеет большой социально-экономический эффект. Важно подчеркнуть: лазер как инструмент лечебного воздействия сегодня привлекателен не только для врача, но и для пациента.

Механизмы взаимодействия света с биологическими тканями:

- 1) невозмущающее воздействие, которое используется для создания различных диагностических приборов;
- 2) фотодеструктивное действие света, которое преимущественно используется в лазерной хирургии;
- 3) фотохимическое действие света, лежащее в основе применения лазерного излучения как терапевтического средства.

Сегодня лазеры с успехом применяются практически во всех областях стоматологии: это профилактика и лечение кариеса, эндодонтия, эстетическая стоматология, периодонтология, лечение заболеваний кожи и слизистых оболочек, челюстно-лицевая и пластическая хирургия, косметология, имплантология, ортодонтия, ортопедическая стоматология, технологии изготовления и ремонта протезов и аппаратов.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛАЗЕРА

Принципиальную схему работы любого лазерного излучателя можно представить следующим образом. В структуру каждого из них входит цилиндрический стержень с рабочим веществом, на торцах которого расположены зеркала, одно из которых обладает небольшой проницаемостью.

В непосредственной близости от цилиндра с рабочим веществом расположена лампа-вспышка, которая может быть параллельна стержню или змеевидно окружать его. Известно, что в нагретых телах, например в лампе накаливания, происходит спонтанное излучение, при котором каждый атом вещества излучает по-своему, и, таким образом, имеются хаотически направленные друг относительно друга потоки световых волн. В лазерном излучателе используется так называемое вынужденное излучение, которое отличается от спонтанного и возникает при атаке возбужденного атома квантом света. Испускаемый при этом фотон по всем электромагнитным характеристикам абсолютно идентичен первичному, атаковавшему возбужденный атом. В результате появляются уже два фотона, обладающие одинаковой длиной волны, частотой, амплитудой, направлением распространения и поляризации. Легко представить, что в активной среде происходит процесс лавинообразного нарастания числа фотонов, по всем параметрам копирующих первичный «затравочный» фотон, и формирующих однонаправленный световой поток. В качестве такой активной среды в лазерном излучателе выступает рабочее вещество, а возбуждение его атомов (накачка лазера) происходит за счет энергии лампы-вспышки. Потоки фотонов, направление распространения которых перпендикулярно плоскости зеркал, отражаясь от их поверхности, многократно проходят сквозь рабочее вещество туда и обратно, вызывая все новые и новые цепные лавинообразные реакции. Поскольку одно из зеркал обладает частичной проницаемостью, часть образующихся фотонов выходит в форме видимого лазерного луча. Таким образом, отличительной особенностью лазерного излучения является монохроматичность, когерентность и высокая поляризация электромагнитных волн в световом потоке. Монохроматичность характеризуется наличием в спектре источника фотонов преимущественно одной длины волны, когерентность есть синхронизация во времени и пространстве монохроматических световых волн.

Высокая поляризация – закономерное изменение направления и величины вектора излучения в плоскости, перпендикулярной световому лучу. То есть фотоны в лазерном световом потоке обладают не только постоянством длин волн, частот и амплитуды, но и одинаковым направлением распространения и поляризации. В то время как обычный свет состоит из хаотично разлетающихся разнородных частиц.

Для характеристики лазерного излучения применяются следующие параметры: длина волны (γ), измеряется в нм, мкм; мощность излучения (P), измеряется в Вт и мВт; плотность мощности светового потока (W), определяется по формуле: $W = \text{мощность излучения (мВт)} / \text{площадь светового пятна (см}^2\text{)}$;

энергия излучения (Е), рассчитывается по формуле: мощность (Вт) x время (с); измеряется в джоулях (Дж); плотность энергии, рассчитывается по формуле: энергия излучения (Дж) / площадь светового пятна (см²); измеряется в Дж/см².

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАЗЕРОВ

Существует большое количество классификаций лазерных излучателей. Представим наиболее значимые в практическом отношении.

I. По типу рабочего вещества

Газовые. Например, аргоновый, криптоновый, гелий-неоновый, СО₂-лазер; группа эксимерных лазеров.

Лазеры на красителях (жидкостные). Рабочее вещество представлено органическим растворителем (метанол, этанол или этиленгликоль), в котором растворены химические красители, такие как кумарин, родамин и др. Конфигурация молекул красителя определяет рабочую длину волны.

Лазеры на парах металлов: гелий-кадмиевый, гелий-ртутный, гелий-селеновый лазеры, лазеры на парах меди и золота.

Твердотельные. В данном типе излучателей в качестве рабочего вещества выступают кристаллы и стекло. Типичные используемые кристаллы: иттрий-алюминиевый гранат (YAG), иттрий-литиевый фторид (YLF), сапфир (оксид алюминия) и силикатное стекло. Сплошной материал, как правило, активируется добавкой небольшого количества ионов хрома, неодима, эрбия или титана. Примеры наиболее распространенных вариантов – Nd: YAG, титан-сапфир, хром-сапфир (известный также как рубин), легированный хромом стронций-литий-алюминиевый фторид (Cr:LiSAI), Er:YLF и Nd: glass (неодимовое стекло).

Лазеры на основе полупроводниковых диодов. В настоящее время по совокупности качеств являются одними из наиболее перспективных для использования в медицинской практике.

II. По способу накачки лазера, т.е. по пути перевода атомов рабочего вещества в возбужденное состояние

Оптические. В качестве активирующего фактора используется электромагнитное излучение, отличное по квантово-механическим параметрам от того, которое генерирует аппарат (другой лазер, лампа накаливания и др.).

Электрические. Возбуждение атомов рабочего вещества осуществляется за счет энергии электрического разряда.

Химические. Для накачки этого вида лазеров используется энергия химических реакций.

III. По мощности генерируемого излучения

Низкоинтенсивные. Генерируют мощность светового потока порядка милливатт. Применяются для проведения физиотерапии.

Высокоинтенсивные. Генерируют излучение с мощностью порядка ватт. В стоматологии применяются достаточно широко и могут быть использованы для препарирования эмали и дентина, отбеливания зубов, хирургического воздействия на мягкие ткани, кость, для литотрипсии.

Некоторые исследователи выделяют отдельную группу лазеров **средней интенсивности**. Эти излучатели занимают промежуточное положение между низко- и высокоинтенсивными и используются в косметологии.

IV. Классификация лазеров по области практического применения

Терапевтические. Представлены, как правило, низкоинтенсивными излучателями, используемыми для физиотерапевтического, рефлексотерапевтического воздействия, лазерной фотостимуляции, фотодинамической терапии. К этой группе можно отнести диагностические лазеры.

Хирургические. Высокоинтенсивные излучатели, действие которых основано на способности лазерного света рассекать, коагулировать и аблировать (выпаривать) биологическую ткань.

Вспомогательные (технологические). В стоматологии применяются на этапах изготовления и ремонта ортопедических конструкций и ортодонтических аппаратов.

ПРИМЕНЕНИЕ В СТОМАТОЛОГИИ

НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В стоматологии лазерное излучение применяется достаточно широко. Механизм реализации терапевтического эффекта низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на разных уровнях организации биологических систем можно представить следующим образом.

1. **На атомно-молекулярном уровне:** поглощение света тканевым фотоакцептором → внешний фотоэффект → внутренний фотоэффект и его проявления: возникновение фотопроводимости; возникновение фотоэлектродвижущей силы; фотодиэлектрический эффект; электролитическая диссоциация ионов (разрыв слабых связей); возникновение электронного возбуждения; миграция энергии электронного возбуждения; первичный фотофизический эффект; появление первичных фотопродуктов.

2. **На клеточном уровне:** изменение энергетической активности клеточных мембран; активация ядерного аппарата клеток, системы ДНК-РНК-белок; активация окислительно-восстановительных, биосинтетических процессов и основных ферментативных систем; увеличение образования макроэргов (АТФ); увеличение митотической активности клеток, активация процессов размножения. На клеточном уровне реализована уникальная способность лазерного света восстанавливать генетический и мембранный аппарат клетки, снижать интенсивность перекисного окисления липидов, обеспечивая антиоксидантное и протекторное действие.
3. **На органном уровне:** понижение рецепторной чувствительности; уменьшение длительности фаз воспаления; уменьшение интенсивности отека и напряжения тканей; увеличение поглощения тканями кислорода; повышение скорости кровотока; увеличение количества новых сосудистых коллатералей; активация транспорта веществ через сосудистую стенку.
4. **На уровне целостного организма** (клинические эффекты): противовоспалительный, противоотечный, фибринолитический, тромболитический, миорелаксирующий, нейротропный, анальгезирующий, регенераторный, десенсибилизирующий, иммунокорректирующий, улучшение регионального кровообращения, гипохолестеринемический, бактерицидный и бактериостатический.

В стоматологии в основном используется НИЛИ красного и ближнего инфракрасного диапазона спектра. По данным литературы, пусковым моментом биологического действия НИЛИ красного диапазона спектра является локальный нагрев, который вызывает высвобождение ионов кальция из внутриклеточного депо и распространение их в цитозоле клетки, что инициирует различные кальций-зависимые процессы. В живых тканях развиваются такие вторичные адаптационные и компенсаторные реакции, как активизация метаболизма клеток, повышение их функциональной активности и т.д. НИЛИ красного диапазона спектра обладает выраженным противовоспалительным действием, активизирует функцию митохондрий, ускоряет метаболизм, увеличивает потребление кислорода и активизирует тканевое дыхание. Одновременно подавляются анаэробные процессы, предотвращается развитие ацидоза и вторичных дистрофических изменений. В фазе экссудации под воздействием НИЛИ происходит дилатация сосудов, активация микроциркуляции с последующей вазоконстрикцией, нормализуется кровообращение, уменьшается проницаемость сосудистой стенки, активизируется новообразование капилляров. Активизация кровотока в тканях обусловлена повышением скорости движения крови, расширением

артериальных сосудов, увеличением количества функционирующих коллатералей. Доказано, что НИЛИ красного диапазона спектра повышает интенсивность кровоснабжения в периодонте на 20%. Согласно литературным данным, для нормализации микроциркуляторных показателей в тканях десны при лечении хронического периодонтита использование НИЛИ красной области спектра эффективнее, чем инфракрасной. Также установлено, что воздействие НИЛИ ближнего ИК диапазона дает меньший терапевтический эффект по сравнению с излучением красного диапазона спектра. В фазе пролиферации под действием НИЛИ красного спектра происходит увеличение пролиферативной активности клеток. Морфологически клеточная реакция проявляется в ускорении и усилении образования фибробластического барьера, ускорении созревания фибробластов, активации образования коллагеновых волокон. По данным литературы, воздействие НИЛИ красного диапазона спектра повышает пролиферативную активность клеток в 1,3-3,5 раза. Оптимальный эффект стимуляции клеточной пролиферации выявлен при плотности мощности 0,1-50 мВт/см² и экспозиции от 30 секунд до 30 минут. Лазерное излучение красного диапазона спектра проникает в ткани на глубину не более 25 мм, что оптимально для лечения хронического периодонтита, при котором патологический очаг находится на небольшой глубине.

В настоящее время установлено, что в реализации биологических эффектов НИЛИ важная роль принадлежит активации иммунной системы. Как правило, воспалительные процессы сопровождаются дестабилизацией иммунного статуса с возможным развитием иммунной недостаточности, которая снижает эффективность проводимой терапии, способствует активизации патогенной и условно-патогенной микрофлоры, что в итоге может приводить к хронизации заболевания или персистенции возбудителя. Результаты клинических и экспериментальных исследований указывают на способность монохроматического света влиять на состояние гуморального и клеточного звеньев иммунитета. В литературе приводятся убедительные доказательства иммуностимулирующей активности НИЛИ красного диапазона спектра. Доказано, что под влиянием излучения низкоинтенсивного лазера красного спектра происходит усиление продукции ИЛ-1, ИЛ-2, ФНО и интерферона. Данное излучение оказывает корригирующее влияние на дефектные функции нейтрофилов, активизируя их фагоцитарную активность, снимая блокаду ответа на дополнительную стимуляцию, повышая способность клеток к реализации резервных возможностей. НИЛИ красного спектра стимулируют бласттрансформацию лимфоцитов путем кратковременного повышения концентрации свободного внутриклеточного кальция, который в

свою очередь активирует протеинкиназу, принимающую участие в образовании мРНК в Т-лимфоцитах, что является ключевым моментом лазерной стимуляции Т-лимфоцитов. Воздействие НИЛИ на клетки фибробластов *in vitro* приводит также к повышенной генерации внутриклеточного эндогенного γ -интерферона. Повышение неспецифического иммунитета организма под воздействием НИЛИ с такими параметрами подтверждается повышением титра гемолизинов, лизоцима, активацией нейтрофилов и интерферона, усилением синтеза иммуноглобулинов, изменением функции и структуры плазматических мембран лимфоцитов, увеличением числа бластных форм лимфоцитов.

Все эти эффекты позволяют применять данный вид излучения в комплексном лечении хронического периодонтита. Многочисленными исследователями были предложены схемы использования НИЛИ с длиной волны 0,63-0,65 мкм для лечения хронического периодонтита, данные о которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Схемы применения низкоинтенсивного лазерного излучения в красном диапазоне спектра для лечения хронического периодонтита

ФИО авторов, год	Методика облучения
Буйлин В.А., 1997	Длина волны 0,63 мкм, ПМ 100-200 мВт/см ² , экспозиция на одно поле 2-5 минут; курс 7-10 процедур.
Морозова Г.А., 1998	Длина волны 0,63 мкм, мощность на выходе 20 мВт, с экспозицией на каждое поле – 20-30 секунд и суммарной экспозицией облучения во время одного сеанса – 7-10 минут, курс 10 процедур
Банченко Г.В. и соавт., 1998	Длина волны 0,63 мкм, ПМ 200 мВт/см ² с экспозицией 2-3 минуты на одно поле, разовая доза на одно поле 24-36 Дж/см ² , курсовая доза до 180 Дж/см ² (2-5 сеансов).
Кунин А.А., Панкова С.Н., 2003	Последовательно противовоспалительные параметры: длина волны 0,63 мкм, ПМ 120-140 мВт/см ² при максимальной мощности. Затем стимулирующие параметры: длина волны 0,63 мкм, ПМ 40-60 мВт/см ² при минимальной мощности, время экспозиции по 2 минуты на одно поле.
Лепилин А.В., Райгородский Ю.М. и соавт., 2007	Длина волны 0,65 мкм, ПМ 100-200 мВт/см ² , экспозиция – от 30 секунд до 4 минут на каждое поле, 2-3 процедуры с интервалом 2 дня, плотность энергии – 3-24 Дж/см ² , d лазерного пучка 3,5-5 мм.
Лукиянович П.А., Кунин А.А. и соавт., 2009	Длина волны 0,64 мкм, ПМ 17 мВт/см ² , курс 10 процедур.
Булкина Н.В., Кропотина А.Ю. и соавт., 2011	Длина волны излучения 632,8 нм, мощность на выходе из световода 25 мВт, время воздействия 10 минут, 7-10 процедур.

Учреждения здравоохранения широко оснащены лазерными аппаратами, генерирующими НИЛИ красного диапазона спектра. Перечень приборов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Лазерные аппараты, генерирующие в красном диапазоне спектра

Диапазон спектра	Длина волны	Название аппарата	Мощность
Красный	0,65 мкм	Лост-02	5 мВт
	0,67 мкм	Снаг-Сэнс-К	300 мВт
	0,633 мкм	Вектор-03	5 мВт
	0,66 мкм	Вектор -04	1-20 мВт
	0,65 мкм	Рефтон-01-ФЛС	До 25 мВт
ИК+красный	0,63, 0,81 мкм	Матрикс-стоматолог	10, 20 мВт
	0,63, 0,85-0,95 мкм	Милта-Ф-5-01	100, 60 мВт
	0,6, 0,82 мкм	Люзар-МП	15, 25 мВт
	0,63, 0,86 мкм	Узор-А-2К-Профи	10 мВт
	0,632, 0,87 мкм	Шатл-комби	100, 25 мВт
	0,63, 0,86 мкм	Скаляр-панатрон	5-100 мВт
	0,65, 0,84 мкм	Латон	5-30, 5-100 мВт
	0,47, 0,67, 0,845-0,9 мкм	Родник-1	5 мВт, 30 мВт, 25 мВт

Одним из методов использования низкоинтенсивного лазерного излучения является фотодинамическая терапия (ФДТ). Термин имеет множество синонимов: фотоактивируемая дезинфекция (ФАД), или бактериотоксическая терапия (БТТ), или антибактериальная фотодинамическая терапия (АФТ), или светоактивируемая дезинфекция (САД). Термин фотодинамическая реакция впервые был введен Н. VonTarrpeiner в 1904 году.

Метод фотодинамического воздействия основан на сочетании применения лазера с определенной длиной волны и веществ, называемых фотосенсибилизаторами, которые в свою очередь обладают избирательной чувствительностью к излучению в определенном диапазоне с определённой длиной волны. Катализатором реакции между фотосенсибилизатором и длиной волны выступает присутствующий в живых биологических тканях кислород. При активации фотосенсибилизатора он переходит в синглетный кислород, способный поражать бактериальную клетку и инактивировать бактериальные токсины. Затем идет деградация важнейших протеинов и молекул ДНК микроорганизмов. Фотосенсибилизатор обладает способностью селективно накапливаться в энергодефицитных микробных клетках.

Антимикробная эффективность метода зависит от вида и концентрации фотосенсибилизатора; длины волны лазера; формы и организации микроорганизмов и их локализации.

Научно доказана высокая активность данного метода в отношении взвешенных форм микроорганизмов и микробной биопленки. Ключевым моментом данной методики является прямой контакт молекул фотосенсибилизатора с патогенной клеткой, его пенетрация внутрь бактериальной биопленки. Классификация фотосенсибилизаторов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация фотосенсибилизаторов по М. Wainwright

Химическая группа фотосенсибилизаторов	Химическая подгруппа	Представители
Катионные азины	Фенотиазины	Метиленовый синий, толуидиновый синий
	Феназины	Нейтральный красный
	Акридины	Профлавин, акридиновый оранжевый, аминакридин, этакридин
Цианины и мероцианин 540		Пирвиниум, стилбазиум
Макроциклические фотосенсибилизаторы	Порфирины	Гематопорфирин, бензопорфирин
	Фталоцианины = тетрабензотетрааза порфирины	Al-фталоцианин, Ga-фталоцианин, Zn-фталоцианин
Природные фотосенсибилизаторы	Псоралены = фуранокумарины	Аминометилтри метилпсорален
	Периленквиноидные пигменты	Гиперицин, экстракт <i>Nurostrelabambusae</i> , содержащий гипокрелин
	Другие фотосенсибилизаторы природного происхождения	Терфиофены, бензофенан

В качестве фотосенсибилизаторов чаще всего выступают соединения, спектр поглощения которых лежит в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Они способны переходить в длительно существующее триплетное состояние после возбуждения светом. Идеальный фотосенсибилизатор должен быть не токсичным и проявлять максимальную активность только после его активации светом. На сегодняшний день известно более 1 000 соединений, способных выступать в качестве фотосенсибилизаторов.

Наиболее распространенные комбинации фотосенсибилизатор/лазер следующие:

- Хлорид толониума (толуидиновый синий) – длина волны 635 нм.
- Радохлорин (ООО «РАДА-ФАРМА», Россия).
- Фотолон, Фотодитазин (ОАО «БЕЛМЕДПРЕПАРАТЫ», Республика Беларусь; метиленовый синий) – длина волны 620-660 нм.

- Фотодитазин (Россия, с полупроводниковым лазером) – длина волны 620-670 нм.
- Диагиперон (Диалек) – длина волны 660-665 нм.
- Хлорофиллипт, 20% настойка листьев эвкалипта, геленофиллипт – длина волны 650-690 нм.
- Профлавин, акриловый оранжевый, аминакридин, этакридин – длина волны 400-500 нм.
- Пирвинум, стилбазиум – длина волны 500-600 нм.
- Нейтральный красный – длина волны 500-550 нм.
- Гематопорфирины, бензопорфирины – длина волны 600-650 нм.
- Гиперецин, экстракт *Nyrosrellabambusae*, содержащий гипокрелин – длина волны 600-650 нм.
- Аллюминий фталоцианин, силикон фталоцианин – длина волны 660-700 нм.

Основной функцией фотосенсибилизаторов является поглощение лазерного луча в видимом невооруженным глазом красном спектре. Для эффективного нивелирования патогенов выходные параметры лазера должны быть порядка 25 Дж/см² до 200 мВт. Время воздействия от 60 до 120 секунд.

Лазерные излучатели для проведения фотодинамической терапии



Рисунок 1. Лазерный аппарат АЛОД-01

Лазерный аппарат АЛОД-01

Технические характеристики

- Мощность излучения: 0.4, 2, 3, 5 Вт (плавная регулировка)
- Режим работы: непрерывный, импульсный
- Длительность экспозиции: 100 мс – 1 ч
- Диаметр волокна: 200, 400, 600 мкм
- Длина волны излучения: **662 нм**



Лазерный аппарат Prometei (США)

Технические характеристики:

- Длина волны: основного луча – **940 ± 10** нм, прицельного – 650 нм.
- Мощность: основного луча – **0-3,0 Вт**, прицельного – 2 мВт.
 - Режимы работы основного луча – импульсный и непрерывный (10 Гц, 50 мсек).

Рисунок 2. Лазерный аппарат Prometei



Устройство полупроводниковое лазерное для фотодинамической терапии «УПЛ-ФДТ» предназначено для использования в онкологии, гинекологии, офтальмологии, для антибактериальной фотодинамической терапии (стоматология, гнойные и ожоговые раны) и т.д.

Рисунок 3. Устройство «УПЛ-ФДТ»

В Республике Беларусь разработан и производится фотосенсибилизатор «Фотолон» для длины волны излучения 665 ± 5 нм, на которой работает аппарат УПЛ-ФДТ. Технические характеристики: длина волны – 665 ± 5 нм; режим работы лазера – непрерывный; мощность лазерного излучения на выходе в режиме прицеливания – 1 мВт; регулируемая мощность лазерного излучения на выходе в рабочем режиме в диапазоне от 0,1 Вт до 2 Вт.

Лазерные терапевтические установки, выпускаемые в Республике Беларусь, вполне могут быть использованы для лазеротерапии в стоматологии. Наиболее приемлемыми являются терапевтические лазерные аппараты «Родник» и «СНАГ».



Рисунок 4. Лазерный аппарат «Родник»



Рисунок 5. Лазерный аппарат «Снаг»

Аппарат «Родник» представляет собой малогабаритный полупроводниковый терапевтический лазер, имеющий три лазерных источника, генерирующих на длинах волн 670 и 780 нм в непрерывном режиме и 890 нм – в импульсном (рис. 4).

Кроме того, использован синий сверхъяркий светодиод с длиной волны 470 нм. В основе разработки данного аппарата лежит возможность значительного усиления биологической активности и терапевтического действия лазерного излучения за счет комбинированного воздействия на патологические очаги излучения синей и красной, синей и инфракрасной, красной и инфракрасной областей спектра, а также за счет совместного действия лазерного излучения и постоянного магнитного поля. В аппарате

предусмотрена возможность дистанционного воздействия лазерным излучением с помощью гибкого направителя шарнирного типа, обеспечивающего удобную фиксацию лазерного излучателя на расстоянии от очага поражения, воздействия на биологически активные точки (рефлексотерапия). Аппарат имеет набор инструментов, в том числе и для стоматологии.

Аппарат «СНАГ» относится к следующему поколению полупроводниковых терапевтических лазеров (рис. 5). Это магнитолазерный аппарат, характеризующийся повышенной интенсивностью лазерного излучения в диапазоне длин волн, соответствующих «окну прозрачности» биологических тканей, что обеспечивает минимальную глубину проникновения излучения.

Данные литературы показывают, что только значительно большая, чем у имеющихся лазерных терапевтических аппаратов, мощность обеспечивает достаточную терапевтическую плотность мощности в глубине ткани. Поскольку в диапазоне длин волн, используемом в «СНАГе», поглощение излучения биомолекулами практически отсутствует, теплового воздействия на ткани также не наблюдается. В аппарате имеется 4 ступени дискретной

регулировки мощности излучения: более низкие величины для поверхностной локализации, а более высокие – для глубокой локализации патологического процесса. Максимальная мощность лазерного излучения – до 500 мВт, частота – до 4 000 Гц. Аппарат может быть снабжен лазерными диодами с длинами волн 810, 980, 1 060 мкм. Светодиодная матрица состоит из 6 сверхъярких светодиодов в синей области спектра по 15 мВт. Магнитная индукция – до 20 мТс.

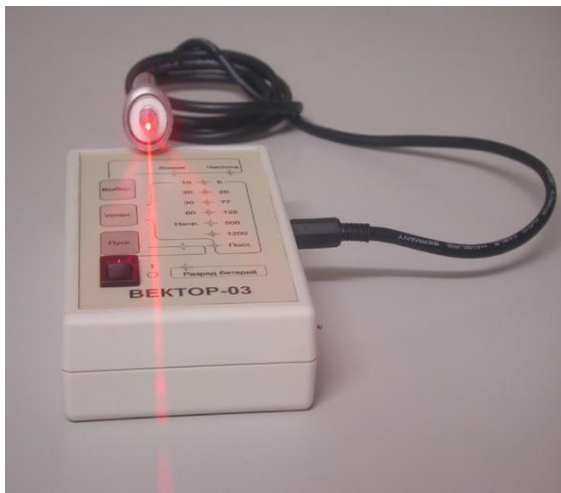


Рисунок 6. Лазерный аппарат Вектор-03

Лазерный аппарат Вектор-03 предназначен для терапии заболеваний полости рта, воздействия на акупунктурные точки красным лазерным излучением и постоянным магнитным полем (рис. 6).

Технические характеристики: длина волны – 0,65 мкм; режимы работы – непрерывный, импульсный (5; 20; 77; 125; 500; 1200 Гц); мощность излучения – до 5 мВт; напряженность магнитного поля – 35 мТл.

Использование лазеров в комплексном лечении

Одним из путей повышения эффективности лазерной терапии является применение комплексных методов, основанных на сочетании лазерного излучения с медикаментозным лечением. При этом воздействия лазером могут проводиться при меньшей интенсивности и продолжительности процедур, что уменьшает их нагрузочность на организм и улучшает переносимость пациентами, у которых стоматологическая патология отягощена соматическими заболеваниями. Также к сочетанному действию лечебных факторов реже и медленнее развивается привыкание. Поскольку ведущая роль в развитии болезней периодонта принадлежит микроорганизмам, целесообразно включение в схему лечения лекарственных средств, оказывающих воздействие на патогенную микрофлору.

В настоящее время перспективным направлением в медицине является использование пробиотиков – лекарственных средств, которые содержат в составе живые микроорганизмы, являющиеся представителями нормальной микрофлоры человека. В настоящее время фармакологическая промышленность Республики Беларусь выпускает несколько разновидностей пробиотиков: препараты с живыми лактобактериями (*L.fermentum*, *L.plantarum*, *L. acidophilus*) – лактобактерин, диалакт, бактолакт; препарат с живыми

бифидобактериями (*B.bifidum*) – бифидумбактерин; препараты с живыми колибактериями (*E.coli* M17) – колибактерин и биофлор; комбинированный препарат с живыми бифидо- и колибактериями – бификол. Все отечественные пробиотики представляют собой лиофилизированную массу живых микроорганизмов, являющихся представителями нормальной микрофлоры человеческого организма.

Данные о составе отечественных пробиотиков представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Состав и свойства пробиотиков белорусского производства

Название	Состав, форма выпуска	Фармакологическая группа, производитель
Бактолакт (Колибактерин, Лактобактерин).	Одна доза содержит не менее 10^8 живых клеток <i>Lactobacillus acidophilus</i> штамм 95/25.	Эубиотик. РУП Белмедпрепараты
Бифидум - бактерин сухой	Одна доза содержит не менее 10^8 живых бифидобактерий <i>Bifidobacterium bifidum</i> № 1.	Эубиотик. УП Диалек
Диалакт сухой	Одна доза содержит: не менее 10^8 живых особей <i>Lactobacillus acidophilus</i> Ке-10.	Эубиотик. УП Диалек
Лактобациллин	Одна доза содержит: <i>Lactobacillus acidophilus</i> 95/25 не менее 10^8 , <i>Bacillus subtilis</i> S не менее 10^7 .	Эубиотик. РУП Белмедпрепараты
Биофлор	1 доза содержит не менее 100 млн. КОЕ <i>Escherichia coli</i> M 17	Эубиотик. УП Диалек

Среди представителей нормального микробиоценоза полости рта наибольшее физиологическое значение принадлежит роду *Lactobacillus* (рис. 7). Лактобациллы – микроаэрофильные, грамположительные бактерии, не образующие спор и не продуцирующие каталазу.

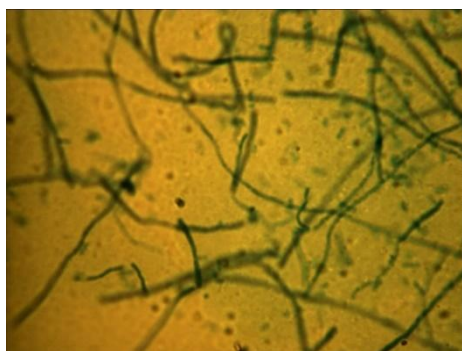


Рисунок 7. Мазок *L. Acidophilus*, окраска по Граму



Рисунок 8. Культура *L. acidophilus*

Активное кислотообразование лактобацилл рассматривается как один из важных факторов антагонизма в отношении других видов микробов. Важную роль в механизмах антимикробной активности играет также способность к продукции перекиси водорода, лизоцима, бактериоцинов, короткоцепочечных жирных кислот, диацетила. Имеются многочисленные сведения о способности

лактобацилл к влиянию на систему иммунитета, которое проявляется в стимуляции фагоцитарной активности нейтрофилов, макрофагов, синтеза иммуноглобулинов, образовании интерферонов, интерлейкинов и фактора некроза опухолей. Молочнокислые палочки обладают способностью блокировать рецепторы клеток слизистых макроорганизма, препятствуя адгезии патогенных микроорганизмов. Лактобациллы проявляют выраженную антагонистическую активность в отношении широкого круга аэробных и факультативно-анаэробных грамотрицательных и грамположительных бактерий, а также некоторых облигатно-анаэробных микроорганизмов. Пробиотики, содержащие лактобактерии, не имеют побочных эффектов и противопоказаний при местном использовании. Количественное содержание лактобактерий в десневой борозде здоровых людей составляет 10^2 - 10^3 КОЕ/мл, в то же время у пациентов с ХГП, протекающим на фоне соматической патологии, их количество снижается до 0 КОЕ/мл. Культивируются на питательной среде MRS с образованием круглых колоний с приятным кефирным запахом (рис. 8).

Учитывая различные патогенетические механизмы влияния НИЛИ и пробиотика, представляется перспективным использование их сочетания в комплексном лечении хронического периодонтита. Нами предложен комплексный метод лечения хронического генерализованного периодонтита, который включает, помимо традиционного лечения в соответствии с клиническими протоколами, применение НИЛИ красного диапазона спектра в сочетании с инстилляциями раствора пробиотика в периодонтальные карманы. Получен патент на изобретение, имеется инструкция Министерства здравоохранения.

Комплекс мероприятий включает мотивацию, обучение индивидуальной гигиене полости рта, профессиональную гигиену, антибиотикотерапию по показаниям. После санации периодонтальных карманов и купирования симптомов острого воспаления, в карманы вносят лекарственное средство на основе антагонистически активного штамма лактобактерий (*Lactobacillus acidophilus* Ke-10) с содержанием *L.acidophilus* 10^6 КОЕ/мл (УП «Диалек», Республика Беларусь).

На кафедре терапевтической стоматологии БелМАПО выполнены лабораторные исследования, в ходе которых изучено влияние концентрации раствора пробиотика на кислотно-основное равновесие периодонтального кармана с целью исключения создания кариесогенной ситуации в области цемента корня, а также изучено влияние НИЛИ с различной длиной волны на рост культуры лактобактерий. Результатом явилось научное обоснование

целесообразности использования пробиотика с содержанием лактобактерий 10^6 КОЕ/мл в сочетании с НИЛИ с длиной волны 0,65 мкм, мощностью 5 мВт и ППМ ~ 15 мВт/см².

Лекарственное средство вносят в каждый периодонтальный карман с экспозицией 5 минут трехкратно. Общее время воздействия пробиотика в области одного кармана составляет 15 минут. Затем осуществляют облучение. В качестве источника лазерного излучения использовали аппарат «Вектор-03» (УП Азгар, Республика Беларусь).

Излучателем являлся лазерный диод (номинальная длина волны излучения в максимуме – 0,65 мкм, мощность 5 мВт), генерирующий в непрерывном режиме. Методика облучения: контактная, стабильная. Физические параметры: низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) в красном диапазоне спектра, мощность – 5 мВт, ППМ ~ 15 мВт/см², экспозиция – 40 секунд, доза облучения – 0,6 Дж/см² на 1 поле, которое соответствовало диаметру светового пятна (2 мм). Облучение проводят с вестибулярной поверхности в области основания каждого десневого сосочка. Курс лечения 10 сеансов.

Предложенный нами метода лечения позволяет воздействовать на различные патогенетические механизмы развития хронического генерализованного периодонтита. Излучение красного диапазона спектра нормализует микроциркуляцию в тканях периодонта, снижает проницаемость сосудистой стенки, что клинически проявляется уменьшением отека, снижением кровоточивости и болевых ощущений. НИЛИ с такими параметрами позволяет повысить неспецифический местный иммунитет, что особенно важно у пациентов с соматической патологией, у которых иммунные реакции, протекающие в ходе экссудации и пролиферации, часто приобретают патологический характер, могут углублять повреждение, приводить к сенсibilизации организма и прогрессированию патологического процесса. Таким образом, использование в комплексном лечении излучения лазера красного диапазона спектра позволяет снизить частоту обострений и удлинить сроки ремиссии заболевания. Излучение низкоинтенсивного лазера с длиной волны 0,65 мкм повышает пролиферативную активность клеток тканей периодонта. Под его влиянием усиливается образование фибробластического барьера, ускоряется созревание фибробластов, активизируется образование коллагеновых волокон. Клинически этот эффект проявляется в ускорении регенерации в очаге поражения.

Очевидно, что в патогенезе хронического генерализованного периодонтита существенную роль играют снижение местного иммунитета и дисбиотические нарушения. Угнетение нормальной микрофлоры на фоне роста



Рисунок 9. Динамика изменения количества лактобактерий в пародонтальном кармане

удельного веса условно-патогенных и патогенных микроорганизмов является одной из причин увеличения частоты и длительности рецидивов заболевания. Включение в состав комплексного лечения у таких пациентов местного применения пробиотика на основе лактобактерий в сочетании с низкоинтенсивным лазерным излучением способствует нормализации микроэкологии пародонтальных карманов. Позитивная динамика проявляется восстановлением удельного веса представителей нормальной микрофлоры, снижением частоты обострений на фоне достоверного клинического улучшения состояния тканей периодонта.

Применение схемы лечения в соответствии с клиническими протоколами позволяет достоверно улучшить состояние тканей периодонта в ближайшие сроки, однако через 6 месяцев состояние периодонта несколько ухудшается. Традиционная терапия на фоне снижения местного иммунитета и отсутствия в содержимом пародонтальных карманов представителей нормальной микрофлоры, зачастую оказывается недостаточно эффективной.

Дополнение схемы лечения инстилляциями в пародонтальные карманы раствора пробиотика на основе лактобактерий в сочетании с излучением низкоинтенсивного лазера красного спектра позволяет повысить эффективность комплексного лечения ХГП у пациентов с соматической патологией примерно на 30% и получить стойкую ремиссию заболевания.

ПРИМЕНЕНИЕ В СТОМАТОЛОГИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Высокоинтенсивные лазеры, используемые в стоматологии

Тип I: Аргонный лазер, используемый для препарирования и отбеливания зубов.

Тип II: Аргонный лазер, применяемый при операциях на мягких тканях.

Тип III: Nd:YAG, CO₂, диодные лазеры, применяемые при операциях на мягких тканях.

Тип IV: Er:YAG – лазер, предназначенный для препарирования твердых тканей зуба.

Тип V: Er,Cr:YSGG – лазеры, предназначенные для препарирования и отбеливания зубов, эндодонтических вмешательств, а также для хирургического воздействия на мягкие ткани. По химической структуре рабочее вещество представляет собой иттрий-скандий-галлиевый гранат, модифицированный атомами эрбия и хрома. Рабочая длина волны данного типа излучателей 2780 нм. Среди хирургических аппаратов в силу своей универсальности и высокой технологичности различные модификации YSGG-лазера наиболее популярны, хотя и дорогостоящи. Лазерная стоматологическая установка Waterlase MD (Biolase). Работает на основе Er, Cr: YSGG-излучателя, длина волны 2780 нм, максимальная средняя мощность составляет 8 Вт. Применяется для препарирования твердых тканей зуба, эндодонтических вмешательств, операций на мягких и костных тканях челюстно-лицевой области. Наконечник для лазерного препарирования твердых тканей зуба снабжен системой бестеневого подсветки, включающей излучение сверхъярких светоизлучающих диодов (LED), а также системой подачи охлаждающей водно-воздушной смеси. Панель управления обладает удобной сенсорной навигацией, работает на основе операционной системы Windows CE.

В зависимости от **временного распределения** мощности светового потока выделяют следующие виды лазерного излучения: *непрерывное; импульсное; модулированное.*

Отдельная разновидность импульсного излучения – Q-switch излучение. Особенность его заключается в том, что каждый импульс длится наносекунды, в то время как биологическая ткань воспринимает импульсы продолжительностью более миллисекунды. В результате термическое действие света ограничивается только местом облучения и не распространяется на окружающую ткань.

В спектральный диапазон лазеров, применяемых в медицине, входят практически все существующие области: от ближней ультрафиолетовой

($\gamma=308$ нм, эксимерный лазер) до дальней инфракрасной ($\gamma = 10\ 600$ нм, сканер на основе CO_2 -лазера).

Основные эффекты воздействия на ткани высокоинтенсивного лазерного излучения:

1. Бактериальная деконтаминация
2. Абляция (рассечение) мягких тканей
3. Абляция эмали
4. Абляция дентина
5. Абляция костной ткани
6. Депигментация меланина и других эндогенных пигментов

Самостоятельное или комбинированное применение указанных выше методов обеспечивает клиническое применение лазеров во вспомогательных стоматологических процедурах.

В основе использования **хирургических лазеров** лежат два основных принципа: альтернативное применение высокоинтенсивного лазерного излучения в качестве скальпеля, как многопрофильного хирургического инструмента, и физического фактора, обладающего широким спектром биологического действия. Лазерная хирургия основана на деструктивном воздействии на биоткани: тепловой, гидродинамический, фотохимический эффекты от лазерного излучения вызывают деструкцию ткани. В качестве деструктивного фактора чаще всего используют энергию тепла. Лазерный свет поглощается определенным структурным элементом, входящим в состав биоткани. Поглощающее вещество носит название «хромофор». Эффективность лазерной хирургии определяется эффективностью преобразования энергии лазерного пучка света в тепло на поверхности или в объеме биоткани. «Поглотителями» света в мягких биотканях являются природные эндохромофоры, а «рассеятелями» – клетки биоткани и морфологические особенности их структуры. Природным эндохромофорами являются вода, гемоглобин, меланин, редко протеин. Каждый из этих хромофоров имеет свою спектральную зависимость. Тот из хромофоров, который для данной длины волны поглощает лазерный луч сильнее, называется «доминирующим хромофором». Именно они определяют глубину проникновения света в биоткань. Например, такой хромофор как вода, имеет коэффициент поглощения, соответствующий длинам волн от 200 до 20 000 нм. Это основной диапазон длин волн хирургических лазеров. Глубина проникновения лазерного света CO_2 -лазера и Er: YSGG лазера составляет 0,05 мм; Er: YAG лазера – 0,005 мм; Nd: YAG лазера – 11,5 мм. Учитывая то, что морфофункциональные характеристики сказываются на эффекте лазерного

воздействия, необходимо учитывать все возможные реакции локального и общего свойства.

Лазеры оказывают различные воздействия на биоткани в зависимости от параметров их воздействия, что требует особого внимания к выбору длины волны, дозировании лазерного излучения, выходной мощности лазера. Недооценка этих параметров может привести к серьезным осложнениям и врачебным ошибкам.

Для применения в хирургической стоматологии наиболее перспективными признаются установки с длинами волн лазерного излучения, которые обеспечивают оптимальное поглощение лучевой энергии жидкостью, влажными тканями и кровью. Процесс резки (абляции) биоткани лазерным лучом сопровождается термическими эффектами и механизмами деструкции биотканей. Следствием является взрывное испарение тканей воды и выброс из зоны нагрева водяных паров вместе с фрагментами клеточных и тканевых структур с образованием зон повреждения биоткани в области взаимодействия лазерного пучка и биоткани. С физической точки зрения следует говорить о двух характерных для лазерного воздействия зонах: зоне испарения (абляции) ткани с формированием абляционного кратера и зоне термонекроза. Лазерные раны характеризуются активной ранней пролиферацией клеточных элементов макрофагального и фибропластического ряда на границе тканей, подвергшихся лазерному воздействию и интактных тканей. В процессе заживления лазерных ран не отмечаются формирования демаркационной нейтрофильной инфильтрации на границе поврежденных и неизмененных тканей, столь характерной для хирургических «скальпельных ран».

Применение лазеров в хирургической практике имеет ряд преимуществ, обусловленными уникальными свойствами и спецификой воздействия лазерного излучения на биологические ткани. Отсутствие прямого контакта инструмента с биотканью при проведении хирургического вмешательства с помощью луча лазера резко снижает опасность инфицирования оперируемых органов. Излучение лазера убивает патогенную микрофлору в операционной зоне, чем уменьшается вероятность послеоперационных осложнений.

Привлекательность лазерных технологий объясняется рядом их преимуществ перед альтернативными методами. Прежде всего, рассекая ткани, лазерный луч одновременно коагулирует сосуды на стенках разреза. Минимальным оказывается и послеоперационный отек. Уменьшаются операционные и послеоперационные боли, снижается психологическая травма, особенно у детей.

Важным качеством хирургического лазера является то, что обработка им тканей стимулирует процессы регенерации. Усиление репаративных процессов в области раневого дефекта происходит вследствие активации метаболических процессов и клеточных элементов системы мононуклеарных фагоцитов (макрофагов) и улучшения микроциркуляции. Излучение обладает широким спектром лечебного действия: вызывает выраженный противовоспалительный эффект, нормализует циркуляцию, понижает проницаемость сосудистых стенок, обладает фибрино-тромболитическим свойством, стимулирует обмен веществ, регенерацию тканей и повышает содержание в них кислорода, ускоряет заживление ран, предотвращает образование грубых послеоперационных рубцов и др.

Таким образом, луч лазера – это высокоточный бесконтактный, бескровный, стерильный и бактерицидный инструмент, позволяющий значительно сократить процесс послеоперационного заживления.

Важные хирургические принципы и рекомендации

1. Следует всегда использовать защитные очки. Длина волны и оптическая плотность излучения должны быть указаны на объективе и корпусе прибора. Необходимы средства защиты глаз.

2. Следует всегда использовать высокопроизводительную систему вакуумного отсоса или дымоудаления.

3. При возможности следует обеспечивать натяжение ткани, подвергающейся воздействию хирургического лазера.

4. Скорость движения руки хирурга будет зависеть от средних мощности, длины импульса и паузы между импульсами, используемых хирургом. Обугливание тканей является нежелательным, его следует избегать. Использование ирригации водой для охлаждения может помочь уменьшить обугливание и, в дальнейшем, температурное поражение.

5. Следует использовать реципрокные (возвратно-поступательные) движения для поддержания перемещения и повышения эффективности.

6. В большинстве случаев отсутствует необходимость наложения швов и периодонтальных повязок.

7. Световод следует всегда держать в контакте с тканями и перпендикулярно им в связи с отклонением излучения после его выхода из наконечника световода. Контакт с тканями также уменьшает возможность отражения и рассеивания. Попытки бесконтактной абляции следует предпринимать только в том случае, если хирург имеет обширный опыт в

лазерной хирургии, в связи с глубиной проникновения длин волн ближнего инфракрасного спектра.

8. Коагулят (денатурированный белок) накапливается на наконечнике световода; его следует регулярно удалять влажной марлевой салфеткой. Нельзя использовать салфетку, пропитанную спиртом, в связи с риском возгорания.

Выбор световода

1. Размер световода является важным фактором, который следует учитывать в лазерной хирургии. Размер световода определяет плотность мощности пучка лазера на наконечнике.

2. Плотность мощности – излучаемая мощность на единицу площади поперечного сечения лазерного луча.

3. Общие тенденции для плотности мощности:

Чем больше размер световода, тем меньше плотность мощности; чем меньше размер световода, тем больше плотность мощности. Таким образом, световод диаметром 200 мкм будет характеризоваться более высокой плотностью мощности, чем световод диаметром 400 мкм, а световод диаметром 400 мкм будет характеризоваться более высокой плотностью мощности, чем световод диаметром 600 мкм, и так далее. Более низкая плотность мощности будет иметь тенденцию к более эффективной коагуляции, чем более высокая.

4. При выборе световода важно помнить, что плотность мощности обратно пропорциональна квадрату диаметра пятна в фокусе. Таким образом, при уменьшении диаметра пятна в фокусе в два раза средняя плотность мощности возрастет в четыре раза, и наоборот.

В литературе указано на достаточно широкое применение лазера в имплантологии. Разрез для поднятия лоскута, вапоризация грануляционной ткани, наметка будущего местоположения имплантата (вместо пилотного сверла) и угол, под которым он будет установлен, раскрытие имплантата. Эрбиевый лазер способен удалять бляшки с поверхности имплантатов без каких-либо морфологических изменений их поверхности. Отмечено также бактерицидное действие лазера на поверхность имплантата даже при низкой мощности.

Хирургические методы лечения заболеваний периодонта имеют большое распространение во многих странах. Наиболее эффективной по сравнению с кюретажем является лоскутная операция, при которой ликвидируются периодонтальные карманы. Один из этапов этой операции, определяющий ее исход – деэпителизация внутренней поверхности периодонтального кармана. Обычно это делают с помощью ножниц, кюрет и других механических способов. Такие манипуляции травмируют лоскут, и после его укладки нередко

наблюдается его склерозирование, рубцевание, что приводит к значительной ретракции десны с обнажением зубов порой ниже первоначального уровня. При использовании лазерного способа абляции результаты намного лучше. Деэпителизацию внутренней поверхности периодонтального кармана проводят слегка расфокусированным лазерным лучом. При этом происходит полное послойное испарение остатков зубных отложений, микробных колоний, грануляций и эпителия.



Рисунок 10. Лазерный аппарат Picasso (США)

Лазерный аппарат Picasso (США)

Технические характеристики:

- Длина волны: основного луча 810 ± 10 нм, прицельного – 650 нм
- Мощность: 0,5-7 Вт
- Длительность импульса: 0,01 мс – 10 секунд

Области применения:

- лечение, гемостазис и деконтаминация десневых карманов
- лечение гингивита, стоматита, герпесных, афтозных и язвурных язв
- местная микробиостимуляция тканей
- разрезание тканей для биопсии, вскрытие и дренирование абсцессов
- коагуляция микроподтеканий и корректировка десны перед реставрацией и протезированием
- удаление фибром, капюшонов, коррекция десневых сосочков.



Рисунок 11. Лазерный аппарат Biolase Epic 10

Лазерный аппарат Biolase Epic 10 (США)

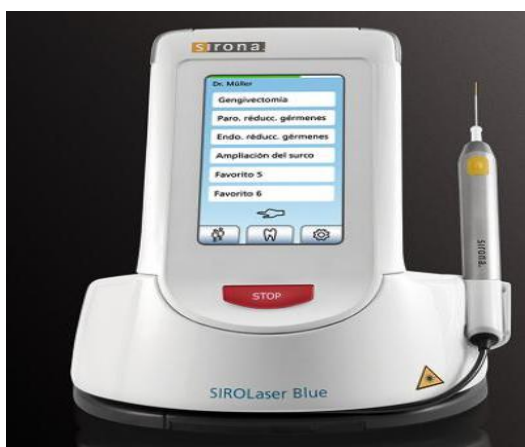
Технические характеристики:

- Длина волны: 940 ± 15 нм
- Мощность: 10 Вт
- Длительность импульса: 0,01 мс – 10 сек

Области применения:

- Разрезы для биопсии тканей
- Удаление капюшона при перикоронарите
- Удаление фибром
- Френэктомия и френотомия
- Коррекция десен перед протезированием
- Гингивэктомия и гингивопластика
- Гемостаз
- Приживление имплантатов
- Вскрытие и дренирование абсцессов

- Лечение лейкоплакии
- Пульпотомия
- Устранение гипертрофии десен
- Удлинение клинической высоты коронок
- Очистка периодонтальных карманов
- Лечение афтозных язв
- Вестибулопластика
- Стерилизация каналов
- Отбеливание
- Биостимуляция



Диодный лазер SIROLaser Blue

Технические характеристики:

- Длина волны – 445 ± 5 нм
- мощность – 0,2-3,0 Вт
- 970 - 10/+15 нм
- мощность 0,2 - 2,0 Вт
- 660 ± 5 нм
- мощность 25, 50, 100 мВт

Области применения:

- хирургии мягких тканей

Рисунок 12. Лазер SIROLaser Blue

с одновременной коагуляцией;

- подавления микробной контаминации в эндодонтии, периодонтологии и имплантологии;
- низкоуровневой лазерной терапии с целью лечения повышенной чувствительности дентина и заживления ран;
- лечение афтозных язв и герпеса.



Рисунок 13. Аппарат «Diolas 940-6»
(Республика Беларусь)



Рисунок 14. Аппарат лазерный
двухволновой для стоматологии «Laserdent»

Аппарат лазерный хирургический диодный «Diolas 940-6» (Республика Беларусь) предназначен для оперативных вмешательств в стоматологии, дерматологии, косметологии, онкологии, гинекологии, челюстно-лицевой хирургии, нейрохирургии. Имеет меню оперативных вмешательств с автоматически выставляемыми параметрами и режимами лазерного излучения. Аппарат обеспечивает минимально травматичные разрезы, надежный гемостаз, коагуляцию, ускоренное заживление ран с минимальной болезненностью и воспалительной реакцией в послеоперационном периоде.

Аппарат «Laserdent» предназначен для оперативных вмешательств в стоматологии, для малоинвазивной хирургии, лазеротерапии и фотодинамической терапии в стоматологии. Обеспечивает бескровное рассечение биотканей, минимальную болезненность, хорошие медицинские и косметические эффекты.

Эндодонтия

Диодные лазеры обеспечивают отличную антибактериальную обработку в корневых каналах, намного более эффективную, чем остальные средства. Исследование дентинных канальцев показывает, что бактериальная контаминация может достигать глубины 1 100 мкм. Химические средства для деконтаминации обеспечивают активность лишь на глубине до 100 мкм. Светодиодные лазеры обеспечивают полную деконтаминацию на глубине до 1 000 мкм.

Бактериальная деконтаминация в канале

Показания: все виды корневых каналов, частично инфицированные каналы, а также каналы, подлежащие повторному лечению.

Параметры лазера: Световод диаметром 200 мкм и программа «антибактериальная обработка».

Методика: необходимо раскрыть канал минимум до диаметра 30 по стандарту ISO, высушить его после обычной химической обработки с помощью бумажного штифта. Отметить рабочую длину световода на 1 мм короче расстояния до верхушки корня. Поместить световод в канал на эту глубину, включить лазер и медленно извлекать световод, поворачивая его в стороны. Продолжительность обработки каждого канала не должна превышать 15 секунд.

Периодонтология

Длины волн диодного лазера обладают подходящими характеристиками для периодонтологического лечения в связи с отличным уровнем бактериальной деконтаминации (99,6 %).

1. Лечение зубодесневого кармана

Показания: боль периодонтологического происхождения

Методика: облучение болезненной зоны в течение нескольких минут или до тех пор, пока боль не прекратится.

2. Гингивэктомия

Показания: избыточный уровень десны, достаточное количество прикрепленной ткани и биологическая ширина.

Параметры лазера: световод диаметром 400 или 600 мкм.

Методика: Направив световод под углом 45° к продольной оси зуба, необходимо вести его вдоль анатомической границы десны и иссекать необходимое количество мягких тканей. Может быть использован угол 90°, если в дальнейшем врач планирует сделать край тоньше и создать скос с помощью движений, напоминающих движения ластика.

3. Закрытый кюретаж

Показания: отек десны, избыточная глубина зубодесневого кармана, которую невозможно вылечить с помощью консервативного лечения.

Параметры лазера: световод диаметром 300, 400 или 600 мкм.

Методика: быстрым движением сформировать внутренний скос и удалить интрасулькулярный эпителий, а также уменьшить высоту края десны на желаемую высоту.

4. Антибактериальная обработка

Показания: периодонтит любой степени тяжести, сопровождающийся кровоточивостью или потерей костной ткани.

Параметры лазера: Световод диаметром 300 или 400 мкм.

Методика: Описаны несколько методик, эффективных для данной процедуры. Основная идея заключается в покрытии всей области кармана облучением лазера, что позволит уничтожить бактерии. Некоторые врачи начинают с верхней части кармана и перемещаются в апикальном направлении круговыми движениями на глубину на 1 мм меньше глубины кармана, некоторые начинают с основания кармана на альвеолярном отростке, некоторые обеспечивают вертикальные движения вверх-вниз. Видимо, успешными являются все методы при условии покрытия всей обрабатываемой области. Общее время обработки одного кармана составляет от 15 до 30 секунд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бургонский, В. Г. Теоретические и практические аспекты применения лазеров в стоматологии / В. Г. Бургонский // *Соврем. стоматология.* – [Киев], 2007. – № 1. – С. 10–15.
2. Иванов, А. С. Руководство по лазеротерапии стоматологических заболеваний / А. С. Иванов. – 2-е изд., перераб и доп. – СПб. : СпецЛит, 2014. – 102 с.
3. Применение диодного лазерного скальпеля в амбулаторной хирургической стоматологии. Новая медицинская технология / А. А. Кулаков [и др.] ; Центр. науч.-исслед. ин-т стоматологии и челюст.-лицевой хирургии Росмедтехнологий. – М. : ЦНИИС и ЧЛХ Росмедтехнологий, 2008. – 23 с.
4. Лазерные технологии в стоматологии : учеб. пособие / Ю. В. Мандра [и др.] ; Урал. гос. мед. ун-т. – Екатеринбург : ТИРАЖ, 2019. – 140 с.
5. Масычев, В. И. Лазеры и особенности их использования в стоматологии / В. И. Масычев, С. И. Рисованный, О. Н. Рисованная // *Внедрение в лазерную стоматологию.* – Краснодар, 2005. – С. 7–24.
6. Москвин, С. В. Основы лазерной терапии / С. В. Москвин. – М. ; Тверь : Триада, 2016. – 896 с.
7. Наумович, С. А. Клиническое обоснование применения метода фотодинамической терапии в комплексном лечении заболеваний периодонта / С. А. Наумович, Т. В. Трухачева, А. В. Кувшинов // *Соврем. стоматология.* – 2012. – № 2. – С. 83–88.
8. Новикова, А. Применение диодных лазеров в стоматологии на примере KaVo GENTLEray 980 / А. Новикова // *Инновац. стоматология.* – 2010. – № 1. – С. 68–71.
9. Радикулярные кисты челюстей : учеб. пособие / С. В. Тарасенко [и др.]. – М. : Принт маркет, 2011. – 64 с.
10. Тарасенко, С. В. Лазерная пародонтальная хирургия : учеб. пособие / С. В. Тарасенко, И. В. Тарасенко, Н. М. Лазарихина. – М. : Принт маркет, 2009. – 58 с.
11. Юдина, Н. А. Антимикробная терапия при лечении болезней периодонта : учеб.-метод. пособие / Н. А. Юдина, А. В. Люговская, А. Ю. Курочкина ; Белорус. мед. акад. последиплом. образования. – Минск : БелМАПО, 2009. – 44 с.
12. Biopsy of different oral soft tissues lesions by KTP and diode laser: histological evaluation [Electronic resource] / U. Romeo [et al.] // *The Scientific World Journal.* – 2014. – Mode of access: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/761704/>. – Date of access: 20.05.2022.

Учебное издание

Бобкова Ирина Леонидовна
Зиновенко Ольга Геннадьевна
Коваленко Ирина Петровна

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ
В СТОМАТОЛОГИИ**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 30.08.2022. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».

Печ. л. 2,00. Уч.- изд. л. 1,71. Тираж 50 экз. Заказ 165.

Издатель и полиграфическое исполнение –
государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия
последипломного образования».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1275 от 23.05.2016.

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3, корп. 3.